

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-143640

(43)Date of publication of application : 03.06.1997

(51)Int.Cl.

C22C 45/02

B22D 11/06

C22C 38/02

H01F 1/16

(21)Application number : 07-302525

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 21.11.1995

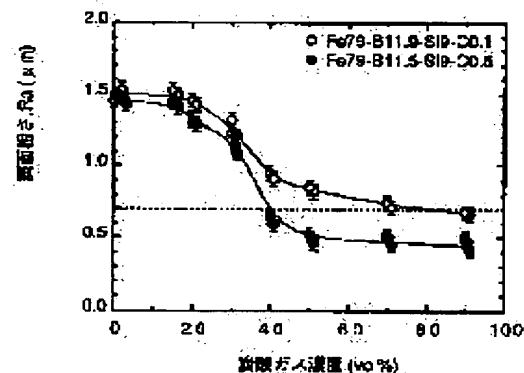
(72)Inventor : OKABE SEIJI
KOGIKU FUMIO
YUKIMOTO MASAO

(54) WIDE AMORPHOUS ALLOY FOIL FOR POWER TRANSFORMER IRON CORE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably obtain a wide amorphous alloy foil excellent in magnetic properties, thermal stability, workability, etc., having superior manufacturability, and useful as iron core for power transformer.

SOLUTION: This foil is an amorphous alloy foil having a composition represented essentially by chemical formula FeaBbSicC , where (a), (b), (c), and (d) satisfy, by atomic %, $78.5 \leq a \leq 81$, $9.5 \leq b \leq 13$, $8 \leq c \leq 12.5$, and $0.4 \leq d \leq 1.5$, respectively. This foil is cast by means of single-roll liquisot quenching in an atmosphere containing $\geq 40\text{vol.}\%$ carbon dioxide gas, and further, the as-cast width is regulated to $\geq 70\text{mm}$ and also the value of center line average height R_a of the contact surface with a roll is regulated to $\leq 0.7\mu\text{m}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-143640

(43) 公開日 平成9年(1997)6月3日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 45/02			C 2 2 C 45/02	A
B 2 2 D 11/06	3 6 0		B 2 2 D 11/06	3 6 0 B
C 2 2 C 38/02			C 2 2 C 38/02	
H 0 1 F 1/16			H 0 1 F 1/16	A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-302525

(22) 出願日 平成7年(1995)11月21日

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 岡部 誠司

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 小菊 史男

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 行本 正雄

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外4名)

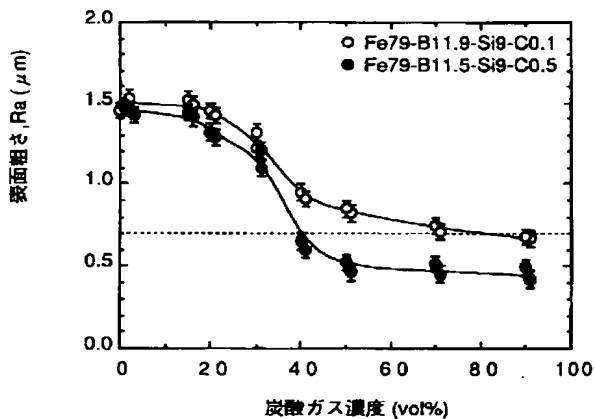
(54) 【発明の名称】 電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯

(57) 【要約】

【課題】 磁気特性や熱的安定性、加工性等に優れるのはいうまでもなく、製造性も良好な、電力トランス用鉄心として実用的な広幅非晶質合金薄帯を安定して得る。

【解決手段】 実質的に化学式： $\text{Fe}_a \text{B}_b \text{Si}_c \text{C}_d$

ここで、 a 、 b 、 c 、 d はそれぞれat%で、 $78.5 \leq a \leq 81$ 、 $9.5 \leq b \leq 13$ 、 $8 \leq c \leq 12.5$ 、 $0.4 \leq d \leq 1.5$ で示される組成になる非晶質合金薄帯であって、該薄帯は、 casting 幅が70mm以上で、かつロールとの接触面の中心線平均粗さRaを $0.7 \mu\text{m}$ 以下とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 実質的に化学式： $\text{Fe}_a \text{B}_b \text{Si}_c \text{C}_d$

ここで、 a 、 b 、 c 、 d はそれぞれat%で、 $78.5 \leq a \leq 81$ 、 $9.5 \leq b \leq 13$ 、 $8 \leq c \leq 12.5$ 、 $0.4 \leq d \leq 1.5$ で示される組成になる非晶質合金薄帯であって、該薄帯は、単ロール式液体急冷法により炭酸ガスを40 vol%以上含む雰囲気中にて鑄造され、鑄造ままの幅が70mm以上で、かつロールとの接触面の中心線平均粗さ R_a が $0.7 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯。

【請求項 2】 請求項 1において、添字 $a \sim d$ で示した Fe、B、Si および C の含有量がそれぞれ、at% で $78.5 \leq a \leq 81$ 、 $10.5 \leq b \leq 12$ 、 $8 \leq c \leq 10.5$ 、 $0.5 \leq d \leq 1.0$ の範囲を満足するものである、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯。

【請求項 3】 請求項 1において、添字 $a \sim d$ で示した Fe、B、Si および C の含有量がそれぞれ、at% で $79 \leq a \leq 79.5$ 、 $11 \leq b \leq 12$ 、 $8 \leq c \leq 9.5$ 、 $0.5 \leq d \leq 1.0$ の範囲を満足するものである、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯に関し、特に安定した広幅化を磁気特性の改善に併せて実現しようとするものである。

【0002】

【従来の技術】 今日、電力トランスの鉄心として、Fe-B-Si系非晶質合金薄帯が使用されるようになってきている。その代表組成としては、Fe: 78at% (以下単に%で示す)、B: 13%、Si: 9% が採用されている。

【0003】 この種 Fe-B-Si系非晶質合金の組成については、これまでに数多くの改善が試みられ、例えば特開昭57-137451号公報、特開昭61-558号公報、特開昭57-116750号公報、特開昭54-148122号公報、特開平5-503962号公報では、Fe、B および Si の成分の組み合わせにより、特性の優れた非晶質合金薄帯が得られるとしている。また、特開昭58-42751号公報、特開昭55-158251号公報、特開昭60-34620号公報では、特性組成範囲の Fe-B-Si 合金に所定量の C を添加することによって、特性の改善を図っている。

【0004】 上記したように、これまで多くの成分系が個別に提唱されてきたのであるが、その理由を推察すると、各々の実施条件の違いによるものと考えられる。すなわち、上記の従来技術はいずれも、20mm程度の狭い幅の薄帯を作成して評価したものであり、しかも製造条件がそれぞれ異なっている。この点に関する発明者らの調査によると、薄帯の磁気特性は、その製造条件に強く影響され、同一の成分組成でも異なる製造条件の下では、得られる磁気特性に差異が生じることが明らかになっ

た。

【0005】 特に、配電用の電力トランス等に用いるべく、70mm以上の広幅薄帯を大量に長時間鑄造した場合には、実験室規模で得た狭幅薄帯とは磁気特性が異なる場合が多いことが判明した。この理由としては、薄帯の幅が広がると幅方向への伝熱の割合が小さくなるため、ロールの温度が高くなり、溶湯の冷却速度が低下することが考えられる。また、鑄造中にロールの表面粗さが劣化し、熱伝達が阻害されて、冷却速度が低下することが考えられる。さらに、鑄造設備の大型複雑化を避けるため、溶湯を1mm程度のスリット状ノズルから射出する圧力が実験室規模の装置の場合よりも小さいため、ノズルが詰まり易く、また溶湯の流れも乱れ易いことから、表面粗さの劣化を招く一因となっている。

【0006】 このように広幅薄帯では、鑄造条件が殊の外厳しいため、狭幅薄帯と比べると磁気特性が劣化することが多い。特に、薄帯の表面性状は、磁気特性に大きな影響を及ぼす。例えば、薄帯の表面凹凸が大きいと、反磁界が生じるため磁束密度の低下を招く。また、ロールへの密着度が低下し、熱伝達が妨げられるため、冷却速度が低下し、薄帯の熱的安定性が損なわれる。さらに、溶湯の流動性など、薄帯性状や製造性に影響を及ぼす特性も合金組成によって変化する。そのため、広幅薄帯の製造に際しては、合金組成の適正範囲は極めて小さい範囲に制限される。

【0007】 このように、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯を大量に生産する場合、薄帯の磁気特性だけでなく、熱的安定性や加工性などの物性ならびに製造される薄帯の性状や製造の容易さ等をも考慮しなければならない。しかしながら、従来はこれらの点について検討がなされてなく、実験室規模で狭幅薄帯を製造する場合しか示されていないため、広幅薄帯としてはいかなる成分組成が最適の物性および製造性を示すかは定かではなかった。

【0008】 一方、薄帯の表面性状は、製造する際の雰囲気に影響されることが知られている。たとえば、Materials Science and Engineering, A133 (1991), P. 657 には、炭酸ガス雰囲気中で製造することによって、薄帯の表面性状が改善されることが記載されている。また、同誌、P. 448 には、炭酸ガス雰囲気中で製造された薄帯では、表面性状が改善される結果、薄帯の熱的安定性が向上することが記述されている。しかしながら、これらの文献では、 $\text{Fe}_{79}\text{B}_{14}\text{Si}_7$ 合金についてそれも板幅が10mmの狭幅薄帯について言及されているだけで、広幅薄帯については何ら検討されていない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 この発明は、上記の問題を有利に解決するもので、板幅が70mm以上という実用的な広幅薄帯としても、磁気特性や熱的安定性、加工性等に優れるのはいうまでもなく、製造性も良好な電力ト

ランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯を提案することを目的とする。

【0010】さて、発明者らは、上記の目的を達成すべく、合金薄帯の成分組成範囲については勿論、表面性状さらには製造条件について数多い実験と検討を重ねた結果、試行錯誤の末にこの発明を完成させるに至ったのである。

【0011】

【課題を解決するための手段】すなわち、発明は、実質的に化学式： $\text{Fe}_a \text{B}_b \text{Si}_c \text{C}_d$

ここで、 a 、 b 、 c 、 d はそれぞれat%で、 $78.5 \leq a \leq 81$ 、 $9.5 \leq b \leq 13$ 、 $8 \leq c \leq 12.5$ 、 $0.4 \leq d \leq 1.5$ で示される組成になる非晶質合金薄帯であって、該薄帯は、単ロール式液体急冷法により炭酸ガスを40 vol%以上含む雰囲気中にて鑄造され、鑄造ままの幅が70mm以上で、かつロールとの接触面の中心線平均粗さ R_a が $0.7 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、電力トランス鉄心用の広幅非晶質合金薄帯である。

【0012】また、この発明において、より好ましい組成範囲は、添字 $a \sim d$ で示したFe、B、SiおよびCの含有量がそれぞれ、at%で $78.5 \leq a \leq 81$ 、 $10.5 \leq b \leq 12$ 、 $8 \leq c \leq 10.5$ 、 $0.5 \leq d \leq 1.0$ の範囲を満足するものであり、さらに好ましい組成範囲は、at%で $79 \leq a \leq 79.5$ 、 $11 \leq b \leq 12$ 、 $8 \leq c \leq 9.5$ 、 $0.5 \leq d \leq 1.0$ の範囲を満足するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】さて、発明者らはまず、大型鑄造機で50～300mm幅の非晶質合金薄帯を製造し、好適な広幅薄帯が得られる製造条件を明らかにすると共に、かかる製造条件の下で最も優れた磁気特性が得られる成分組成範囲について検討した。その結果、薄帯の製造特に板幅が70mm以上の広幅薄帯の製造は、炭酸ガスを含む雰囲気中で、単ロール式液体急冷法によって行うことが有効であることが判明した。この時、特に雰囲気中の炭酸ガスの濃度が重要で、炭酸ガス濃度が40 vol%以上でなければ、表面性状の優れた広幅薄帯を得ることはできなかった。この点、板厚が50mm程度の場合は、ロール温度の上昇が小さく、またスリットからの溶湯の流れも乱れを生じないので、この発明の成分および雰囲気条件以外の製造条件でも問題は生じなかった。

【0014】また、薄帯の成分組成によっても表面性状が異なることが判明した。すなわち、C含有量が0.4%以上になると、比較的低い炭酸ガス濃度でも表面欠陥が格段に減少し、表面粗さが効果的に低減された。この事実は、従来の知見からは予想できないことであり、この発明で初めて解明された事実である。なお、炭酸ガスによるリボンの表面粗さ低減効果は、溶湯がロール上に作る湯溜まり（パドル）の後面の均一酸化による、振動抑制によるものと考えられていた。しかしながら、炭酸ガスとの反応が過剰な場合、大気中の酸素によって酸化さ

れた場合と同様、反応による発熱量が大きすぎて、不均一酸化が生じ、パドル振動の抑制効果が不十分になる。特に、広幅薄帯の製造においては、ロール温度が高く、冷却が遅れるため、パドル振動によるリボンの表面粗さの増大は大きくなり易い。これに対して、Cが溶湯中に0.4%以上含まれると、炭酸ガスの溶湯への溶解が制限されるため、過剰な反応が生じず、その結果十分なパドル振動抑制効果が発現するためと考えられる。

【0015】について、発明者らは、炭酸ガスを40 vol%以上含有する雰囲気中で、Cを0.4%以上添加した合金を種々作成し、薄帯の製造性と磁気特性について検討した。その結果、Fe-B-Si-C系において、ある特定の組成範囲であれば、所望の効果が得られることが究明された。以下、この発明において成分組成を上記の範囲に限定した理由について説明する。

【0016】Fe：78.5～81%

狭幅薄帯の場合は、Feは75%から85%までの広い範囲にわたって、性状のよい薄帯を得ることができたが、広幅薄帯では適正値の上限が81%に減少した。すなわち、Feが81%を超えた場合には、板幅中央付近の抜熱が不十分となり、薄帯の脆化が生じた。薄帯の脆化は、板の密着曲げ試験で評価できるが、板の中央付近では密着以前に折れてしまう例が多い。従って、板の強度が低下し、製造した薄帯を巻取るために張力をかけて巻き取り装置まで誘導する過程で破断し易くなり、大量製造には向かない。また薄帯をトランス鉄心に加工するために、巻いたり、切断する際にも、板の破断、微小な薄帯細片の発生等のトラブルの発生が懸念される。さらに、81%を超えると熱的安定性が低下するため、結晶化温度の低下により、特に表面における薄帯の結晶化が生じて鉄損の増大を招く不利もある。一方、磁束密度はFeの増加に伴って向上するため、Feの下限は78.5%とした。狭幅薄帯では、Fe：77～78%程度の最も非晶質形成能が高く熱的安定性に優れる領域で最も低い鉄損が得られ、また狭幅薄帯では表面の平滑性も容易に得られるため、磁束密度が高く、トランス鉄心として十分と考えられる。しかしながら、広幅薄帯では、Fe：77～78%の範囲では表面粗度劣化により磁束密度が低くなるため、Fe：78.5%以上より好ましくはFe：79%以上が必要となる。とはいえ、Fe量の増加と共に、薄帯のキュリー温度が低下し、電力トランスの動作温度（90～100℃付近）において、飽和磁束密度が低下する傾向があるので、電力トランスとしての使用を考えるとFe量は79.5%以下がより好ましい。

【0017】B：9.5～13%

Bは、非晶質を形成させる元素として不可欠な元素である。Bを9.5%以上含有しない合金は、非晶質形成能が低く、広幅薄帯の場合、脆化や鉄損の増大といった問題が生じる。従って、Bは9.5%以上、より好ましくは10.5%以上が必要である。しかしながら、Bが多すぎても、歪取り焼鈍後の薄帯の脆化が激しくなり、トランス

加工時に問題が起きるので、Bは13%以下とした。なお、歪取り焼鈍後の薄帯の加工性が最も良好なのは10.5～12%の範囲である。

【0018】Si：8～12.5%

溶湯の流動性はSi含有量の増加に伴って向上する。幅：70mm以上の薄帯を製造する場合には、Siを8%以上より好ましくは9%以上とする必要がある。というのは、これにより、ノズル詰まり等の作業トラブルが回避され、さらに、射出圧力が低い場合でも、スリットからの流れが筋状になりにくくなるため、薄帯の自由面側の表面粗さも改善され、ひいては板厚偏差が低減され、薄帯の冷却速度が向上するため、磁束密度も増加するからである。

【0019】C：0.4～1.5%

Cを0.4%以上添加することにより、炭酸ガス雰囲気下で製板した際の表面粗度改善効果を飛躍的に高めることができる。しかし、過度の添加は鉄損の増大および熱的安定性の劣化を招くため、1.5%以下好ましくは1.0%以下に止める必要がある。

【0020】以上の理由により、電力トランスの鉄心として用いるためには、Fe：78.5～81%、B：9.5～13%、Si：8～12.5%、C：0.4～1.5%とする必要がある。また、磁気特性、表面性状および焼鈍後の加工性に一層優れた薄帯を得るためには、B：10.5～12%、C：0.5～1%にするのが好ましい。さらに、最良の磁気特性を得るためには、Fe：79～79.5%、B：11～12%とするのが望ましい。

【0021】なお、この発明で示された合金成分は、従来行われてきた狭幅薄帯の評価で明らかとされた高特性を示す成分範囲とは異なっている。すなわち、表1に示すように、狭幅薄帯では、この発明の範囲の合金Aよりも、B、Dの方が低鉄損を示す。しかし、広幅薄帯では逆にB量が多くSi量が少ない組成B、Cは、薄帯の表面粗度が劣るため、鉄損および磁束密度とも劣化し、またよりFe量が少ない成分B、Dは磁束密度の不足が生じ、この発明の合金成分の薄帯よりも劣っている。また、Cが添加されていないEは薄帯の表面正常が改善されないためBgが低く、C添加量が過剰のFでは鉄損が増加している。なお、広幅では製板性を重視してSiを増すため相対的にBが減る。かかる知見は、これまでの公知文献からは予想できないものであり、この発明で初めて解明された事実である。

【0022】次に、この発明の合金薄帯の好適製造条件について説明する。上記した好適成分組成範囲に調製した溶湯を、単ロール式液体急冷法により薄帯とする。単ロール法によって製造される薄帯の性状は、主に、スリットノズル形状、ノズルとロールとの間隙、溶湯の射出圧力、ロール周速および溶湯温度により決定される。薄帯の品質は、板厚と表面粗さの影響を大きく受け、板厚を $25 \pm 3 \mu\text{m}$ 、表面粗さを $Ra: 0.7 \mu\text{m}$ 以下にするのが

好ましい。従って、前述の製造条件を適正範囲に制御する必要がある。特に、広幅薄帯を製造する場合は、溶湯射出圧力がスリットノズルを取り付けたタンディッシュにおける溶湯液面高さで決定されるため、 $0.1 \sim 0.3 \text{ kg f/cm}^2$ 程度の比較的低い射出圧力となるのが特徴である。このとき、スリットノズルの開口部厚みを $0.7 \sim 1.2 \text{ mm}$ として、ノズルとロールの間隙を $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ の範囲で制御し、ロール周速を $18 \sim 28 \text{ m/s}$ の範囲で制御するのが、薄帯の板厚、表面粗さを適正にするのに好適である。このとき、溶湯が薄帯進行方向に対して $100 \sim 130^\circ$ の傾きを持つように射出されるように湯道をロール法線方向から傾けて配置すると、溶湯のノズル後方への漏出（パドルブレイク）を防ぎ易い。また、溶湯温度は、スリットノズル内で溶湯の液相線温度より $50 \sim 150^\circ\text{C}$ 程度高い温度になるように、取鍋またはタンディッシュ内の温度を制御することが望ましい。

【0023】このとき、雰囲気中の炭酸ガス濃度は40 vol%以上とする必要がある。というのは、炭酸ガス濃度が40 vol%に満たないと、薄帯の表面（ロール面）に気泡を巻き込んで形成された凹み（エアポケット）が大量に生じ、表面粗さが増大するためである。このとき、エアポケットは、薄帯からロールへの伝熱を低下させるため、冷却速度が低下し、特に広幅薄帯の場合は、薄帯中央部付近で脆化等の問題が生じ易くなる。ここで、炭酸ガスは、ノズル後方（薄帯の進行方向の上流側）からノズルとロールの間に向けて吹き付けるのが良い。また、急凝固後に $350 \sim 400^\circ\text{C}$ の範囲において磁場中焼鈍を施すことは、薄帯の冷却時の歪を除去し、磁気特性を向上させる上でより有利である。なお、この発明に示された各合金元素の組成範囲は、工業的製造条件の変動および分析精度の不確定性により、若干の増減があり得る。また、この発明の明示されていない微量な不純物元素は、一般的な工業規模で製造される原料の純度に依存する。

【0024】

【実施例】表1に示すA～Dの組成になる合金溶湯から、下記の条件に従う単ロール式液体急冷法により、幅：70～300 mm、厚み： $24 \sim 26 \mu\text{m}$ の合金薄帯を製造した。得られた薄帯を、単板あるいはトロイダルコアとして磁場中焼鈍を施した後、表面粗さ、鉄損及び磁束密度を測定した。

製造条件

- ・溶解：合金インゴットを誘導加熱式溶解炉で溶解、50 kg／ヒート
- ・冷却ロール：鋼合金製、内部水冷式： $\phi 500 \text{ mm} \times 370 \text{ mm}$
- ・射出ノズル：耐火物製ノズルの先端にセラミックス製スリットノズル、スリットは70～300mm 幅 $\times 0.8 \text{ mm}$
- ・製板条件：ノズルスリット底面とロール表面間の隙間0.1mm

・雰囲気制御：ノズル出口部分をチャンバーで覆い、ノズル後方より炭酸ガスを吹き付け、ノズル直近にて炭酸ガス濃度測定

・巻き取り：リールにより巻き取り

・焼鈍条件：窒素雰囲気中、焼鈍温度は 300～420 °C で変化させ最適条件を探索、1.5 時間等温保持、薄帯の長手方向に直流磁場200eを印加

・磁気測定：単板磁気測定装置で薄帯を90°C（電力トランスの動作温度）にし、50Hzにおいて、1.3T励磁時の鉄損（W13/50）、および磁場800A/m下における磁束密度

（B_g）を測定

・表面粗さ測定：接針式粗さ計により、薄帯のロール面および自由面の中央部および両端部を5点ずつ測定した平均値（ばらつき：±0.05μ）

・脆化評価方法：薄帯を曲げ、2枚の平衡板によって、曲げ直径を小さくしていき、割れが生じたときの平行板の間隔で評価

【0025】得られた結果を表1に併記する。

【表1】

鋼 記号	成分組成				薄帯幅：10mm		薄帯幅：250mm		備 考
	Fe	B	Si	C	W _{13/50} (W/kg)	B _g (T)	W _{13/50} (W/kg)	B _g (T)	
A	79	11.5	9	0.5	0.09	1.53	0.09	1.50	発明例
B	78	13.5	8	0.5	0.06	1.51	0.11	1.42	比較例
C	79	14	6.5	0.5	0.07	1.53	0.10	1.45	比較例
D	78	13	8.5	0.5	0.06	1.51	0.09	1.44	比較例
E	79	11.5	9.5	—	0.08	1.53	0.09	1.44	比較例
F	78	11.5	7.5	2	0.09	1.53	0.15	1.50	比較例

【0026】同表より明らかなように、この発明の成分組成を満足するA鋼は、狭幅薄帯の場合とはかく、広幅薄帯とした場合に、鉄損および磁束密度とも優れた値が得られた。

【0027】次に図1に、Fe79B11.5Si C0.5（発明例）およびFe79B11.9Si C0.1（比較例）組成の製板時における雰囲気中CO₂濃度と表面粗さとの関係について調べた結果を示す。同図から明らかなように、Cを添加した合金を炭酸ガス濃度40%以上の雰囲気中で製板した場合には、Raが0.7 μm以下となり、ロールとの接触面積が増し、薄帯の冷却が促進されている。

【0028】図2～4にはそれぞれ、Fe79B10.5Si 10.5-X C X 組成の合金について、表面粗さ、鉄損W13/50 および磁束密度B_g に対するC添加量の適正範囲について調査した結果を示す。同図に示したとおり、Cの適正添加量は0.4～1.5 %好ましくは0.5～1.0 %であることが判明した。これにより、Raが0.7 μm以下となり、磁束密度および鉄損とも大幅に向上する。

【0029】図5には、Fe79B20.5-ySi C0.5 組成の合金について、Si含有量とRaとの関係について調べた結果を示すが、同図によれば、Si含有量が8 %よりも多いほうが薄帯の自由面の表面粗さが小さくなる。この理由は、溶湯の流動性が向上し、薄帯の自由面に発生する筋状の凹凸が減少したためである。

【0030】図6、7にはそれぞれ、Fe79B10.5Si89-Z

C0.5 組成の合金について、Fe含有量とB_g およびW13/50 との関係について調べた結果を示すが、同図によれば、Fe含有量の増加と共に磁束密度も増加し、78.5～81%で最も高い値を示す。特に、Fe含有量79～79.5%で、鉄損が最も小さく、磁束密度が最も高い薄帯が得られる。

【0031】図8、9にはそれぞれ、Fe79B20.5-ySi C0.5 組成の合金について、B量と脆化度D_f および鉄損W13/50 との関係について調べた結果を示すが、同図によれば、B含有量が12%を超えると、歪み取り焼鈍後の非晶質薄帯の脆化が大きくなっている。

【0032】

【発明の効果】かくしてこの発明によれば、磁気特性、熱的安定性および加工性に優れ、かつ製造性にも優れた広幅非晶質合金薄帯を安定して得ることができ、電力トランス用の磁心材料として極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】炭酸ガス濃度と薄帯のロール面の表面粗さとの関係を示した図である。

【図2】C含有量と薄帯のロール面の表面粗さとの関係を示した図である。

【図3】C含有量と薄帯の鉄損との関係を示した図である。

【図4】C含有量と薄帯の磁束密度との関係を示した図である。

【図5】 Si含有量と薄帯の自由面の表面粗度との関係を示した図である。

【図6】 Fe含有量と薄帯の磁束密度との関係を示した図である。

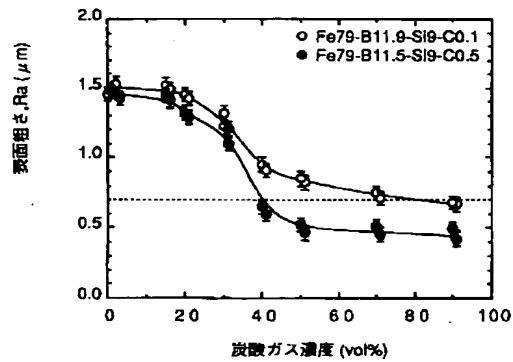
【図7】 Fe含有量と薄帯の鉄損との関係を示した図であ

る。

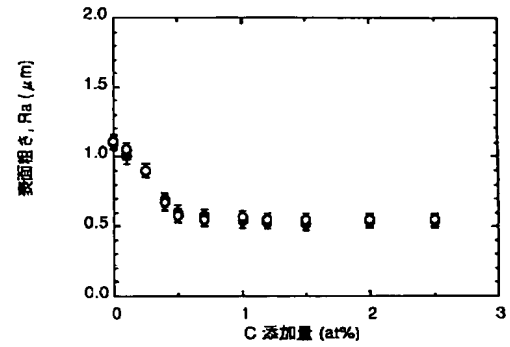
【図8】 B含有量と歪取り焼鈍の薄帯の脆化との関係を示した図である。

【図9】 B含有量と歪取り焼鈍の薄帯の鉄損との関係を示した図である。

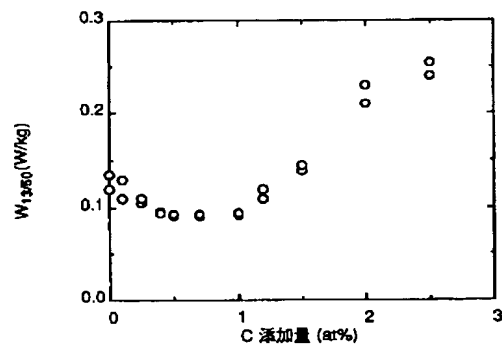
【図 1】



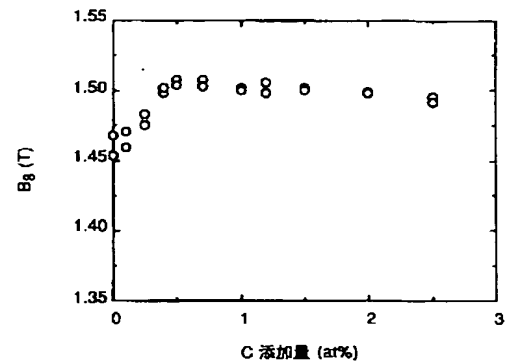
【図 2】



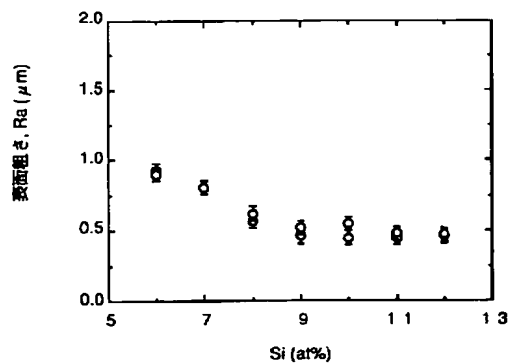
【図 3】



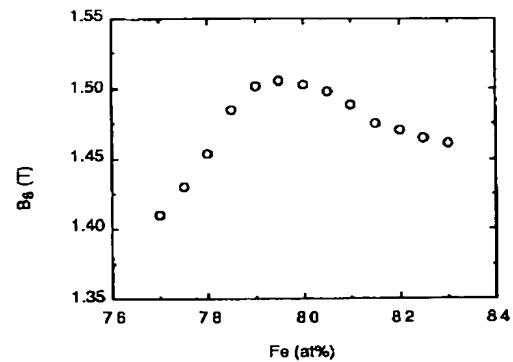
【図 4】



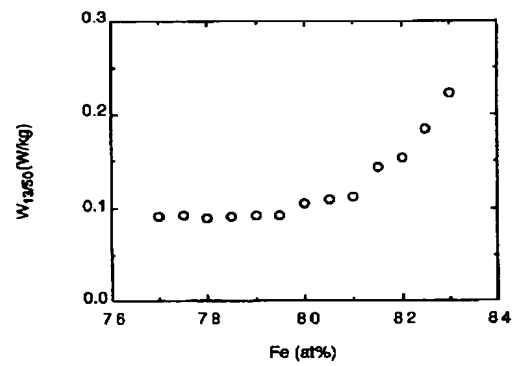
【図 5】



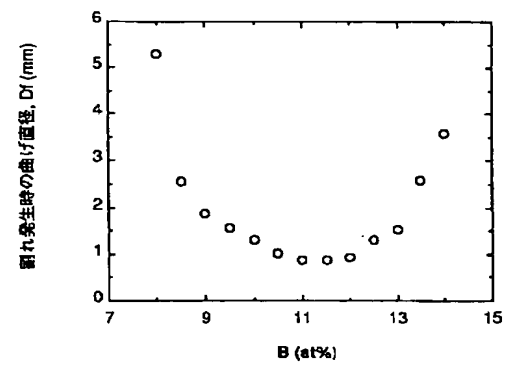
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

